샌드위치 패널 심재용 경량기포콘크리트 개발에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Development of Lightweight Foamed Concrete as Sandwich Panel Core

이 상 안* 천 우 영** 고 관 호** 김 화 중***

Lee, Sang An Chun, Woo Young Ko, Kwan Ho Kim, Wha Jung

ABSTRACT

This was done by analyzing the sandwich panels that are now widely used in construction work. Sandwich panels are used for diverse purposes in construction work worldwide. In Korea, polystyrene panels that have organic materials as their core material are used. These panels are thus very vulnerable to fire, with risks of core melting, sheet deformation, and hazardous gases. Accordingly, sandwich panels' fire-resistant or non-flammable properties must be secured. To solve these problems, the optimal mixing proportion of lightweight foamed concrete for the sandwich panel core was determined. A new method of doing this was introduced that is completely different from the existing method, wherein a foaming agent is added to realize lightweight concrete. For lightweight concrete, the foaming mechanisms via diverse chemical reactions were identified, H_2O_2 was added for heating in the reaction, and the concrete foaming was maximized. Through diverse experiments to determine the optimal mixing proportion of lightweight foamed concrete and to examine the filling characteristic of lightweight foamed concrete for sandwich panel cores using waste materials, the physical and mechanical properties of lightweight foamed concrete were examined.

요 약

샌드위치 패널은 전세계적으로 건축공사 전반에 걸쳐 매우 다양한 용도로 활용되고 있다. 우리나라의 경우 유기재료를 심재로 사용한 폴리스틸렌 패널 등을 사용함에 따라 화재에 의한 심재의 용융이나 강판의 변형 등 화재에 매우 취약하고, 유독가스 발생 등에 따른 문제점이 부각되면서 난연 또는 불연성능의 확보가 반드시 필요하다. 따라서 이러한 문제점을 해결하고자 샌드위치 패널 심재용 경량기포콘크리트의 최적배합을 도출하여 샌드위치 패널 심재에 적용하고자 한다.본 연구에서는 기포콘크리트를 샌드위치 패널 심재로 활용하기 위하여 기존의 기포방식인 기포제를 첨가하여 경량화 시키는 방식과는 전혀 다른 방식으로 콘크리트 초경량화를 위해 여러 가지 화학반응에 의한 기포 발생 유도 메커니즘을 규명하였다. 그 중 과산화수소(H_2O_2)를 첨가하여 반응시 발열(發熱)을 유도하고, 콘크리트 기포발생 유도를 극대화시켜 초경량화를 이루기 위한 최적배합 도출 및 폐자재를 활용한 샌드위치 패널 심재용 경량기포콘크리트 충전성 검토, 소요강도 확보가능 여부 등의 다양한 실험을 통해 물리적·역학적 특성을 알아보고자 하였다.

* 정회원, 경북대학교, 건축토목공학부, 박사과정
** 정회원, 경북대학교, 건축토목공학부, 석사과정
*** 정회원, 경북대학교, 건축토목공학부, 교수

1. 서 론

본 연구에서는 여러 가지 화학반응에 의한 기포 발생 유도 메커니즘을 규명, 그 중 과산화수소(H_2O_2)를 첨가하여 샌드위치 패널 심재용 경량기포콘크리트의 최적배합을 도출하고 폐자재를 활용한 샌드위치 패널 심재용 경량기포콘크리트 충전성 검토 및 소요강도 확보가능 여부 등의 다양한 실험을 실시하여 물리적 특성 및 역학적 특성을 알아보고자 한다. 소요강도 측정시 재령일은 샌드위치 패널의 생산성을 고려하여 3일, 7일, 14일로 정하였다.

2. 실험계획

본 실험에서는 샌드위치 패널 심재용 경량기포콘크리트 개발을 목적으로 기초적인 자료를 제시하기 위하여 1차 실험과 2차 실험으로 나누어 실시하였다. 1차 실험에서는 경량화를 위한 최적배합 도출을 최우선 목표로 하였다. 1차 실험 배합인자 수준 및 실험계획표는 아래의 표 1. 표 2.와 같다.

표 1. 1차 실험 배합인자 수준

항 목	생석회 혼입률(%)	W/B(%)	H_2O_2 첨가율(%)
인 자	0, 10, 20, 30	30, 35, 40, 45	2.5, 5, 7.5, 10
수 준	4	4	4
기 호	A, B, C, D	-	1, 2, 3, 4

표 2. 1차 배합표($1m^3$)

시험체명	생석회 혼입율(%)	W/B(%)	H_2O_2 첨가율(%)	중량배합(kg/m^3)					목표 Flow (cm)
				Binder			Water	과산화수소 [H_2O_2/B]	
				Cement(100%)		생석회 [CaO/C]			
				초속경(20%)	보통(80%)				
A-1	0%	30%	2.5%	234.1	936.4	0	351.2	29.3	18±1
A-2			5.0%	188.1	752.2	0	282.1	47.0	
A-3			7.5%	164.0	656.1	0	246.0	61.5	
A-4			10.0%	148.1	592.2	0	222.1	74.0	
B-1	10%	35%	2.5%	220.1	880.4	110.1	423.7	30.3	
B-2			5.0%	214.6	858.3	107.3	413.1	59.0	
B-3			7.5%	201.8	807.0	100.9	388.5	83.2	
B-4			10.0%	192.9	771.4	96.4	371.2	106.1	
C-1	20%	40%	2.5%	200.0	800.0	200.0	480.0	30.0	
C-2			5.0%	196.8	787.2	196.8	472.3	59.0	
C-3			7.5%	178.4	713.4	178.4	428.0	80.3	
C-4			10.0%	173.3	693.2	173.3	415.9	104.0	
D-1	30%	45%	2.5%	183.1	732.3	274.6	535.5	29.7	
D-2			5.0%	180.1	720.4	270.2	526.8	58.5	
D-3			7.5%	163.1	652.2	244.6	476.9	79.5	
D-4			10.0%	154.0	616.1	231.0	450.5	100.1	

2차 실험에서는 샌드위치 패널 심재로서의 적용을 목표로 1차 실험에서 도출한 최적배합에 석고와 폐자재(왕겨+폐종이)를 혼입하여 샌드위치 패널 심재로서의 충전성 검토 및 소요강도 확보가능 여부 등의 물리적·역학적 특성을 알아보고자 하였다. 2차 실험 배합인자 수준 및 실험계획표는 아래의 표 3. 표 4.와 같다.

표 3. 2차 실험 배합인자 수준

항 목	석고 혼입률(%)	W/C(%)	H_2O_2 첨가율(%)
인 자	0, 10, 20, 30	30	10, 15, 20
수 준	4	1	3
기 호	N_0, N_1, N_2, N_3	-	10, 15, 20,

표 4. 2차 배합표(1m³)

시험 체명	석고 혼입율 (%)	W/B (%)	H_2O_2 첨가율 (%)	중량배합(kg/m³)								목표 Flow (cm)
				1단계(충전재)			2단계(결합재)				3단계(발포제)	
				폐자재(100%)		Water	Binder			Water	과산화수소 [H_2O_2/B]	
				왕겨 (35%)	폐종이 (65%)		Cement(100%) 초속경 (20%)	보통 (80%)	석고 [Gypsum/C]			
N0-10	0%	30%	10%	26.9	42.3	231.8	38.5	153.8	0	57.7	19.2	18±1
N0-15			15%								28.8	
N0-20			20%								38.5	
N1-10	10%		10%				33.9	135.5	16.9	55.9	18.6	
N1-15			15%								27.9	
N1-20			20%								37.3	
N2-10	20%		10%				30.1	120.2	30.1	54.1	18.0	
N2-15			15%								27.0	
N2-20			20%								36.1	
N3-10	30%		10%				23.3	93.3	35.0	45.5	15.2	
N3-15			15%								22.7	
N3-20			20%								30.3	

3. 실험결과 및 분석

표 6. 1차 실험결과

시험 체명	Flow Test (cm)	단위용적중량 (t/m³)	압축강도(MPa)			휨강도(MPa)			겉보기밀도(kg/m³)	흡수율(%)	팽창율(%)
			3일	7일	14일	3일	7일	14일	14일	14일	
A-1	19.0	1.17	8.22	10.41	15.30	1.90	2.44	3.62	0.91	14.74	22.42
A-2	19.0	0.94	5.81	7.62	12.22	1.41	2.05	2.95	0.65	26.22	49.53
A-3	18.5	0.82	4.02	5.34	7.46	0.83	1.32	2.36	0.52	29.03	54.21
A-4	18.0	0.74	3.37	4.26	5.27	0.44	0.64	0.94	0.44	39.24	60.83
B-1	19.0	1.21	13.82	16.43	22.86	2.72	3.32	4.82	0.98	11.10	12.31
B-2	18.5	1.18	7.73	9.61	14.91	1.86	2.34	3.51	0.94	13.23	18.52
B-3	18.0	1.11	5.62	7.12	11.03	1.24	1.72	2.87	0.85	16.14	24.71
B-4	17.5	1.06	3.81	5.18	7.10	0.72	1.13	2.12	0.78	18.72	33.90
C-1	18.5	1.20	13.20	15.62	20.62	2.43	3.05	4.37	0.97	11.61	12.54
C-2	18.0	1.18	7.25	9.34	12.73	1.82	2.33	3.34	0.93	13.34	19.32
C-3	17.5	1.07	5.31	6.63	8.62	1.03	1.52	2.71	0.80	17.53	26.12
C-4	17.0	1.04	3.86	4.41	6.35	0.67	0.94	1.46	0.76	22.20	35.24
D-1	18.0	1.19	9.83	12.16	16.72	1.92	2.65	4.01	0.95	13.12	13.71
D-2	17.5	1.17	6.52	8.92	12.53	1.66	2.03	3.02	0.92	13.54	20.03
D-3	17.0	1.06	5.24	6.13	8.04	0.94	1.54	2.74	0.79	17.81	31.32
D-4	17.0	1.00	3.43	4.27	5.72	0.52	0.73	1.23	0.71	24.42	38.81

표 7. 2차 실험결과

시험체명	Flow Test(cm)	단위용적중량(t/m³)	압축강도(MPa)	휨강도(MPa)	겉보기 밀도(kg/m³)	흡수율(%)	팽창율(%)
			14일	14일	14일	14일	
N0-10	18.5	0.51	2.75	0.49	0.31	84.52	36.85
N0-15	18.5	0.46	2.49	0.40	0.28	86.59	40.08
N0-20	18.0	0.43	2.07	0.34	0.26	87.42	48.24
N1-10	18.0	0.48	3.07	0.52	0.29	85.28	36.52
N1-15	18.0	0.45	2.58	0.45	0.27	86.73	38.85
N1-20	18.0	0.40	2.29	0.39	0.24	87.78	45.32
N2-10	18.0	0.45	3.23	0.54	0.27	86.24	34.46
N2-15	18.0	0.41	2.74	0.47	0.25	87.22	38.27
N2-20	17.5	0.38	2.32	0.43	0.23	87.85	44.73
N3-10	17.5	0.41	2.86	0.51	0.25	86.36	32.54
N3-15	17.5	0.36	2.56	0.41	0.22	87.31	37.19
N3-20	17.0	0.33	2.26	0.38	0.20	88.13	41.85

1) 플로우 실험은 ASTM C 124규정에 의해 목표 플로우치를 18±1cm로 정하고 실험을 실시한 결과, 1차 실험에서는 생석회 혼입률이 높을수록 W/B는 증가, 2차 실험에서는 석고 혼입률이 높을수록 플로우치는 감소하는 양상을 보였다.

2) 단위용적중량은 경화되기 전 단위용적당 중량을 구한 것으로 1차 실험결과 A-4 시험체의 경우 단위용적중량이 0.74로 KS F 4039규정에 있는 0.6품(0.72이상)에 만족하는 결과를 보였고, 2차 실험결과 N3-20 시험체의 경우 단위용적중량이 0.33으로 KS F 4039규정에 있는 0.4품(0.39이상)보다 좋은 결과를 보였다.

3) 팽창율은 배합시 전체 중량당 단위용적중량을 백분율로 나타낸 것으로 1차, 2차 실험 모두 H_2O_2첨가율이 높을수록 팽창율은 증가, 2차 실험에서는 석고 혼입률이 증가할수록 팽창률은 감소하는 양상을 보였다.

4) 겉보기 밀도는 KS F 2459규정에 의해 경화 후 시험체의 중량변화를 14일동안 측정하여 최종 14일의 측정결과를 [중량/부피]으로 나타낸 것으로 1차 실험결과 A-4 시험체의 경우 겉보기 밀도가 0.44로 KS F 4039규정에 있는 0.5품(0.4이상~0.5미만)에 만족하는 결과를 보였고, 2차 실험결과 N3-20 시험체의 경우 겉보기 밀도가 0.20으로 KS F 4039규정에 있는 0.4품(0.3이상~0.4미만)보다 좋은 결과를 보였다.

5) 압축강도는 1차 실험에서 재령 3일, 7일, 14일로 정하여 측정하였으며, 측정결과 A-4 시험체의 경우 KS F4039규정에 있는 0.5품에 충분히 만족하는 결과를 보였고, 2차 실험에서는 재령 14일로 정하여 측정한 결과 N3-20 시험체의 경우 KS F 4039규정에 있는 0.4품에 충분히 만족하는 결과를 보였다.

6) 휨강도는 1차 실험에서 재령 3일, 7일, 14일로 정하여 측정하였으며, 전반적으로 생석회 혼입률 및 H_2O_2 첨가율이 높을수록 휨강도는 감소, 2차 실험에서는 재령 14일로 정하고 측정한 결과 H_2O_2첨가율이 높을수록 휨강도는 감소하였다. 또한 석고 혼입률 20%일 때 휨 강도는 압축강도와 동일하게 비교적 높은 양상을 보였다.

7) 흡수율은 KS F 2459규정에 의해 실시하였으며, 패널의 생산성을 고려하여 재령 14일에 측정하였다. 1차 실험에서는 전반적으로 H_2O_2첨가율이 높을수록 흡수율은 증가하였고, 생석회 혼입률의 증가에 따른 흡수율의 차이는 미비하였다. 2차 실험의 흡수율 결과는 전반적으로 비슷한 양상을 보였다.

5. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 샌드위치패널의 내부충전재로 스티로폼의 취약한 내화성을 보강하고 기존 연구의 성능보다 뛰어난 고성능 샌드위치 패널의 개발을 목적으로 H_2O_2를 이용한 시멘트 슬러리 발포와 샌드위치 패널 심재를 왕겨(친환경바이오자재)와 폐지(순환폐자재)를 이용하여 실험을 실시한 결과 KS F 2459 및 KS F 4039규정에 있는 품질기준에 충분히 만족하는 결과를 나타냈다. 또한 본 실험에서 실시된 샌드위치 패널 심재는 사용재료의 경제성 및 환경부하의 저감의 측면에서 볼 때 실용성이 매우 높을 것으로 사료된다. 앞으로의 향후 과제는 콘크리트 초경량화를 위한 기포발생 메커니즘의 정밀분석과 새로운 최적의 기포제를 찾아 경량기포콘크리트가 샌드위치패널의 심재로서 충분한 역할을 하기 위한 강도, 밀도, 열전도율, 흡수율, 내화, 차음, 단열 등 요구성능을 개선하여 샌드위치 패널의 고성능화를 이루기 위해 여러 가지 화학반응에 의한 시멘트 슬러리 발포 및 기포제 사용의 최적 적용성 연구. 샌드위치 패널의 외피재로서 철재, 목재, 시멘트재, 석고보드류 등 다양화 검토 및 내구성 확보 연구. 요구 성능을 얻기 위한 적합한 혼화재료의 개발에 관한 연구를 추가적으로 진행해 나갈 계획이다.

참고문헌

1. 정상진, 혼화재료를 혼입한 압출 성형 경량 콘크리트 패널의 개발을 위한 실험적 연구, 대한건축학회, 2004.
2. 서치호, 화재발생현황으로 분석한 샌드위치 패널 건축물의 문제점 분석, 대한건축학회, 2004.
3. 서치호, 건축용 경량 샌드위치 패널 제조를 위한 경량기포콘크리트 최적배합 도출에 관한 실험적 연구, 대한건축학회, 2004.
4. 임남기, 샌드위치 패널 대체형 현장 타설 기포콘크리트 패널 개발 연구, 대한건축학회, 2006.
5. 박상순, 고분자 기포제를 이용한 경량기포콘크리트의 개발(Ⅰ,Ⅱ), 한국콘크리트학회, 1997.
6. 박재구・이정식, 슬러리 발포에 의한 연속성 무기질 다공체의 제조, Journal of Korean Ceramic Society, 1998.